

Optimalisasi Penghawaan Alami Pada Bangunan Pendidikan Berlantai Banyak (Studi Kasus : Gedung F FEB UB)

Dwiantosa Ahmad Fathony¹, Heru Sufianto², Bambang Yatnawijaya³

¹ Mahasiswa Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

³ Dosen Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Email: tosamad@rocketmail.com

ABSTRAK

Pemanasan global diantaranya disebabkan oleh penggunaan sumber daya energi yang sangat besar, didapatkan dari eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan yang banyak terserap oleh bangunan gedung, khususnya bangunan gedung berlantai banyak. Gedung F Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB) Universitas Brawijaya (UB) adalah salah satu gedung berlantai 7 (tujuh) yang berada di lingkungan UB. Gedung tersebut menjadi objek kajian tentang penghawaan alami guna mengurangi penggunaan energi listrik pada gedung tersebut. Melalui kajian atau penelitian ini akan dilakukan pendataan dan pengukuran sistem penghawaan alami (kecepatan angin, kelembapan udara dan temperatur ruangan) pada kondisi eksisting serta melakukan simulasi pergerakan udara dan kondisi termal dalam bangunan dengan menggunakan aplikasi *software* *Vasari* dan *Ecotect* untuk mengetahui apakah sistem penghawaan alami yang ada saat ini memenuhi syarat atau tidak, terhadap persyaratan Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-6572-2001 sebagai standart tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung berlantai banyak. Kemudian dilakukan analisa tentang kebutuhan dimensi bukaan ventilasi sebagai bahan rekomendasi agar sistem penghawaan alami dapat diterapkan atau dimanfaatkan pada gedung F FEB UB dan memenuhi syarat SNI. Sehingga dapat memberikan solusi alternatif untuk penghematan penggunaan energi listrik dalam gedung F FEB UB.

Kata kunci: Pemanasan global, Penghawaan alami, Penghematan energi

ABSTRACT

Global warming caused by the use of energy resources is very large, from the exploitation of natural resources in excess which much absorbed by the building, particularly the multi-storey building. Building F Faculty of Economics and Business (FEB) Universitas Brawijaya (UB) seven-storey building located in UB. The building became the object of study of natural air to reduce energy use in the building. This research will be carried out data collection and measurement system of natural air (Wind speed, humidity and temperature) the existing condition as well as to simulate the movement of air and thermal conditions in buildings by using application software *Vasari* and *Ecotect* to determine whether the existing system of natural air current qualified or not, to the requirements of the Indonesian National Standard (SNI) 03-6572-2001 as a standard procedure for the design of ventilation and air conditioning systems in buildings multi-storey buildings. Then performed an analysis of the needs of ventilation openings dimensions as recommendation that a natural air system can be applied or utilized in building F FEB UB and qualify SNI. So as to provide alternative solutions to saving energy use in buildings F FEB.

Keywords: Global warming, Natural air, Saving energy

1. Pendahuluan

Sejak pertengahan abad ke 20 pemanasan global menjadi perhatian dunia, hal ini disebabkan karena suhu rata-rata global pada permukaan bumi terus meningkat diakibatkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca yang menimbulkan gas karbon dioksida (CO₂) serta gas lain seperti : metana (CH₄), dinitroksida (N₂O) dan clhoro fluoro carbon (CFC) yang merupakan salah satu penyebab menipisnya lapisan ozon. Pemanasan global yang juga disebabkan oleh penggunaan sumber daya energi yang sangat besar bisa mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti halnya : naiknya permukaan laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrem, terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan lain-lain. (http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global)

Penggunaan energi yang didapatkan dari eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan ternyata banyak terserap oleh bangunan gedung, khususnya bangunan berlantai banyak. Energi didalam gedung tersebut sebagian besar digunakan untuk mengkondisikan udara ruangan hingga pada batas kenyamanan termal hunian. Kepedulian penghematan energi telah berkembang sejak beberapa dekade, mulai dari rekayasa teknologi, desain arsitektur, sistem *engineering* bangunan, tata aturan dan kelola bangunan, bahkan rekayasa management gedung. Namun isu hemat energi pada bangunan gedung diperkotaan masih menjadi perhatian baik dari sisi perencanaan, pengelola gedung, pemilik, pemerintah daerah maupun pemerhati lingkungan hidup.

Universitas Brawijaya (UB) adalah salah satu dari sekian gedung kampus yang cukup berlebih terhadap pemakaian energi. Konsumsi energi listrik pada kampus UB mengalami peningkatan dari tahun ke tahunnya hingga berujung pada anggaran belanjanya meningkat. Untuk itu perlu dilakukan pengkajian yang mendalam akan sistem bangunan yang terkait dengan konsumsi energi, dalam hal ini konsumsi listrik diantaranya : sistem penerangan, sistem penghawaan, pola penggunaan peralatan elektronik penghuni.

Bangunan gedung berlantai banyak seperti halnya di kampus UB, penggunaan energi listrik yang terbesar adalah pada sistem penghawaan buatan (AC), hal ini disebabkan banyaknya ruang-ruang didalam gedung pada saat operasionalnya menggunakan AC untuk menciptakan kenyamanan termal penghuninya. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah-langkah penghematan penggunaan energi listrik dengan mengkaji dan memanfaatkan sistem penghawaan alaminya.

Gedung F Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB) UB Malang adalah salah satu gedung berlantai 7 (tujuh) yang berada di lingkungan UB dengan total luas 4.758,36 m² dipergunakan untuk kegiatan perkuliahan program magister (S2) dan doktor (S3), adalah gedung yang menjadi objek kajian atau penelitian tentang penghawaan alami guna mengurangi penggunaan energi listrik pada gedung tersebut.

Melalui kajian atau penelitian ini akan dilakukan pendataan dan pengukuran sistem penghawaan alami (kecepatan angin, kelembapan udara dan temperatur ruangan) pada kondisi eksisting serta melakukan simulasi pergerakan udara dan kondisi termal dalam bangunan dengan menggunakan aplikasi *software* *Vasari* dan *Ecotect* untuk mengetahui apakah sistem penghawaan alami yang ada saat ini memenuhi syarat atau tidak, terhadap persyaratan Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-6572-2001 sebagai standart tata cara

perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung berlantai banyak. Kemudian dilakukan analisa tentang kebutuhan dimensi bukaan ventilasi sebagai bahan rekomendasi agar sistem penghawaan alami dapat diterapkan atau dimanfaatkan pada gedung F FEB UB dan memenuhi syarat SNI. Sehingga dapat memberikan solusi alternatif untuk penghematan penggunaan energi listrik dalam gedung F FEB UB.

2. Bahan dan Metode

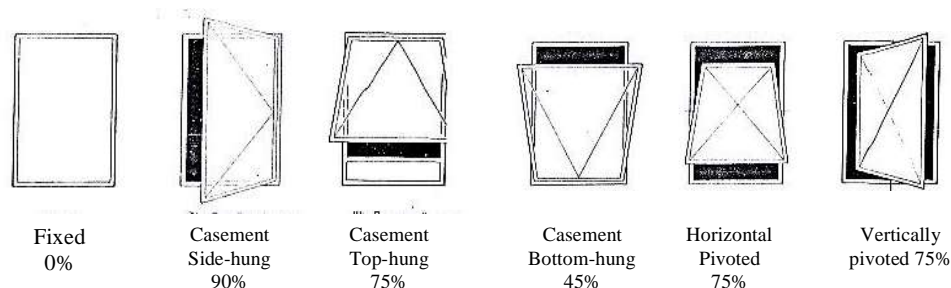
2.1 Ventilasi Alami

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 ventilasi alami terjadi adanya perbedaan tekanan udara di luar suatu bangunan yang disebabkan oleh angin dan karena adanya perbedaan temperatur, sehingga terdapat gas-gas panas yang naik di dalam saluran ventilasi. Ventilasi alami yang disediakan harus terdiri dari bukaan permanen, jendela, pintu atau sarana lain yang dapat dibuka, dengan :

- Jumlah bukaan ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas ruangan yang membutuhkan ventilasi.
- Arah yang menghadap halaman berdinding dengan ukuran yang sesuai, atau daerah yang terbuka keatas.
- Teras terbuka, pelataran parkir, atau
- ruang yang bersebelahan.

2.2 Desain Bukaan Dalam Sistem Ventilasi

Pengarah bukaan ventilasi sangatlah berpengaruh terhadap upaya pemanfaatan angin dalam pengkondisian ruangan. Pengarah pada inlet akan menentukan arah gerak dan pola udara dalam ruang, sehingga perbedaan bentuk pengarah akan memberikan pola aliran udara yang berbeda-beda. Penggunaan kanopi pada bukaan inlet akan mengarahkan aliran udara ke atas dibandingkan bukaan inlet tanpa kanopi. Tipe bukaan ventilasi yang berbeda akan memberi sudut pengarah yang berbeda dalam menentukan arah gerak udara dalam ruang serta efektifitas berbeda dalam mengalirkan udara masuk/ keluar ruang.



Gambar 1. Desain bukaan ventilasi

Sumber: Beckett, HE, 1974, Godfrey, JA.

2.3 Standart Kenyamanan Termal di Daerah Tropis

Sedangkan berdasarkan SNI 03-6572-2001 Ciptakarya Pekerjaan Umum, kriteria kenyamanan temperatur udara kering sangat besar pengaruhnya terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi. Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi :

- a. sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C} \sim 22,8^{\circ}\text{C}$.
- b. nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C} \sim 25,8^{\circ}\text{C}$.
- c. hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C} \sim 27,1^{\circ}\text{C}$.

2.4 Kelembaban Udara Relatif

Udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut.

Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% ~ 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%.

2.5 Metode Penelitian

Tahapan yang digunakan untuk dapat mencapai tujuan dan sasaran yang telah ditetapkan ialah mengidentifikasi elemen penghawaan alami pada bangunan pendidikan berlantai banyak Gedung F FEB UB yaitu dengan melakukan pendataan dan pengukuran kecepatan angin, kelembaban udara, temperatur ruangan, ventilasi, tata ruang gedung dan penggunaan energi listrik. Data penelitian tersebut diinput untuk metode simulasi menggunakan *software Vasari* dan *Ecotect*. Untuk mengevaluasi kecepatan angin, kelembaban udara, temperatur ruangan pada ruangan-ruangan Gedung F FEB UB.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lokasi Tapak

Gedung F FEB UB penelitian terletak di Jl. MT. Haryono 165 Malang. Berada papada lingkungan kampus Univeristas Brawijaya, Malang. Wilayah studi berjarak 3 km dari pusat Kota Malang dan dapat ditempuh dengan waktu sekitar 15 menit menggunakan perjalanan darat.



Gambar 2. Lokasi penelitian
(Sumber : Diolah dari *Google Earth*)

3.2 Rangkuman Analisa Simulasi Software *Vasari* dan *Ecotect*

Hasil analisis pengukuran dan simulasi software *Vasari* dan *Ecotect* yang dilakukan di dalam gedung mulai dari lantai 2 s/d lantai 6 dapat disajikan pada tabel 1 dan tabel 2

Tabel 1. Hasil simulasi software *Vasari* pada lantai 2 s/d 6 dengan input data luas bukaan ventilasi eksisting.

Lt	Arah pergerakan angin	Kec. Angin rata-rata	Kec. Angin maksimum	Ket.
2	Tenggara ke Barat Laut	0,5 m/s	0,9 m/s	Nyaman, gerakan udara terasa tetapi tidak merata
3	Tenggara ke Barat Laut	0,6 m/s	1,3 m/s	Nyaman, gerakan udara terasa tetapi tidak merata
4	Tenggara ke Barat Laut	0,6 m/s	2,6 m/s	Nyaman, gerakan udara terasa tetapi tidak merata
5	Tenggara ke Barat Laut	1,2 m/s	3,7 m/s	Aliran udara ringan - tidak menyenangkan dan tidak merata
6	Tenggara ke Barat Laut	2,5 m/s	4,5 m/s	Tidak menyenangkan dan tidak merata


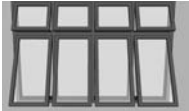
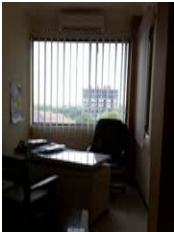


Tabel 2. Hasil simulasi software *Ecotect* pada lantai 2 s/d 6 dengan input data luas bukaan ventilasi eksisting

Lt	Waktu	Suhu rata-rata	Korelasi thd standart kenyamanan termal	Keterangan
2	08:15 - 08:30	27,6 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	12:30 - 12:45	32,1 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	15:15 - 15:30	29,3 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
3	08:30 - 8:45	28,7 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	12:45 - 13:00	31,2 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	15:30 - 15:45	29,4 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
4	08:45 - 09:00	28,2 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	13:00 - 13:15	30,8 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	15:45 - 16:00	27,8 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
5	09:00 - 09:30	28,5 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	13:15 - 13:30	32,7 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	16:00 - 16:15	28,8 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
6	09:15 - 09:30	28,1 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	13:30 - 13:45	32,8 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!
	16:15 - 16:30	29,2 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI!

3.3 Rekomendasi Desain dan Tambahan Luas Bukaannya Ventilasi / Jendela

Berdasarkan pengukuran luas bukaannya ventilasi eksisting pada masing-masing ruangan rata-rata luas bukaannya ventilasinya kurang dari 5 % terhadap luas ruangan, yang berarti tidak memenuhi persyaratan standart minimum SNI. Agar dapat memanfaatkan penghawaan alami perlu dilakukan perubahan desain dan penambahan luas bukaannya ventilasi / jendela yang ada. Sebelum usulan atau rekomendasi penambahan luas bukaannya ventilasi diusulkan, terlebih dahulu dilakukan perubahan desain bukaannya ventilasi pada tipe jendela yang luas bukaannya belum memenuhi syarat minimum luas bukaannya SNI terhadap luas ruangnya. Hasil dari perubahan desain bukaannya ventilasi disajikan pada tabel 3. Untuk mengetahui penambahan luas bukaannya ventilasi yang memenuhi syarat minimal luas bukaannya ventilasi sesuai SNI, terlebih dahulu dilakukan perhitungan luas bukaannya pada perubahan desain yang direkomendasi dan membandingkan dengan luas bukaannya ventilasi persyaratan SNI kemudian disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Perubahan desain tipe bukaannya ventilasi / jendela

Tipe ventilasi	Desain eksisting		Desain rekomendasi		Ket.
	Bukaannya ventilasi	Luas bukaannya ventilasi	Bukaannya ventilasi	Luas bukaannya ventilasi	
A		0,57 m ²	 Tipe : Casement Top Hung	1,72 m ²	
B		0,00 m ²	-		Tipe jendela B tidak berubah. Karena dikombinasi dengan tipe C.
C		0,81 m ²		0,81 m ²	Tetap, krn luas bukaannya tipe c memenuhi syarat SNI trhpd ruangnya.

Tabel 4. Rekomendasi penambahan luas bukaan ventilasi / jendela

Lt	Jenis Ruang	Luas Ruang	Luas Bukaan		Ket.
			Ventilasi Eksisting < Syarat SNI	Ventilasi Rekomendasi ≥ Syarat SNI	
2	Perpustakaan	162.00 m ²	2,3 m ²	6,88 m ²	
	Lab. Komp.	76.56 m ²	2,3 m ²	6,88 m ²	
	R.BEI UB	36.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kajur (D)	8 m ²	0,575 m ²	3,44 m ²	
3	R.Kajur (A)	8 m ²	0,575 m ²	3,44 m ²	
	R.Kajur (B)	8 m ²	0,575 m ²	3,44 m ²	
	R. Prof (E)	5 m ²	0,575 m ²	3,44 m ²	
	R.Prof (F)	15 m ²	0,575 m ²	3,44 m ²	
	R.Prof (G)	14 m ²	-	-	Tdk ada bukaan
	R.Prof (H)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Keuangan	36.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Prof (J)	36.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (A)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (B)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
4	R.Kuliah (C)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (F)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (G)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Prof (E)	5.345 m ²	0,81 m ²	0,81 m ²	Tetap
	R.Prof (D)	5.345 m ²	0,81 m ²	0,81 m ²	Tetap
	R.Tunggu Dosen(H)	36.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (A)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (B)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
5	R.Kuliah (C)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (F)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (G)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Tunggu sidang/kuliah (H)	36.00 m ²	1,44 m ²	3,44 m ²	Di dalam ruang
	R.Prof (D)	5.345 m ²	0,81 m ²	0,81 m ²	Tetap
	R.Prof (E)	5.345 m ²	0,81 m ²	0,81 m ²	Tetap
	R.Administrasi	36.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (A)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
6	R.Kuliah (B)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (C)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (F)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Kuliah (G)	48.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	
	R.Prof (D)	5.345 m ²	0,81 m ²	0,27 m ²	
	R.Prof (E)	5.345 m ²	0,81 m ²	0,27 m ²	
	R. Prof (H)	36.00 m ²	-	3,44 m ²	
	R.Pengelola	36.00 m ²	1,15 m ²	3,44 m ²	

3.4 Rangkuman Analisa Simulasi Software *Vasari* dan *Ecotect* dengan Input Data Luas Bukaan Ventilasi Rekomendasi

Hasil analisis pengukuran dan simulasi software *Vasari* dan *Ecotect* yang dilakukan di dalam gedung mulai dari lantai 2 s/d lantai 6 dapat disajikan pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Hasil simulasi software *Vasari* pada lantai 2 s/d 6 dengan input data luas bukaan ventilasi rekomendasi.

Lt	Arah pergerakan angin	Kec. Angin rata-rata	Kec. Angin maksimum	Ket.
2	Tenggara ke Barat Laut	0,5 m/s	0,9 m/s	Nyaman, gerakan udara terasa tetapi tidak merata
3	Tenggara ke Barat Laut	0,6 m/s	1,3 m/s	Nyaman, gerakan udara terasa tetapi tidak merata
4	Tenggara ke Barat Laut	0,6 m/s	2,6 m/s	Nyaman, gerakan udara terasa tetapi tidak merata
5	Tenggara ke Barat Laut	1,2 m/s	3,7 m/s	Aliran udara ringan - tidak menyenangkan dan tidak merata
6	Tenggara ke Barat Laut	2,5 m/s	4,5 m/s	Tidak menyenangkan dan tidak merata

Tabel 6. Hasil simulasi software *Ecotect* pada lantai 2 s/d 6 dengan input data luas bukaan ventilasi rekomendasi.

Lt	Waktu	Suhu rata-rata	Korelasi thd standart kenyamanan termal	Keterangan
2	08:15 - 08:30	25,4 °C	Nyaman optimal	Memenuhi standart SNI
	12:30 - 12:45	31,2 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
	15:15 - 15:30	27,6 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
3	08:30 - 8:45	25,6 °C	Nyaman optimal	Memenuhi standart SNI
	12:45 - 13:00	30,8 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
	15:30 - 15:45	27,4 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
4	08:45 - 09:00	25,2 °C	Nyaman optimal	Memenuhi standart SNI
	13:00 - 13:15	30,2 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
	15:45 - 16:00	26,8 °C	Hangat nyaman	Memenuhi standart SNI
5	09:00 - 09:30	25,3 °C	Nyaman optimal	Memenuhi standart SNI
	13:15 - 13:30	31,2 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
	16:00 - 16:15	27,6 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
6	09:15 - 09:30	24,7 °C	Nyaman optimal	Memenuhi standart SNI
	13:30 - 13:45	30,7 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI
	16:15 - 16:30	28,1 °C	Diatas daerah kenyamanan termal	Tidak memenuhi standart SNI

4. Kesimpulan

Kondisi penghawaan alami yang ada saat ini, pada ruang-ruang dalam gedung F FEB UB di lantai 2 s/d 6, rata-rata kurang memenuhi persyaratan SNI 03-6572-2001. Hal ini disebabkan rata-rata luas bukaan ventilasi terhadap luas ruangan kurang dari 5% seperti yang dipersyaratkan standart minimum SNI.

Hasil pengukuran dan simulasi kondisi termal pada ruang-ruang dalam gedung dengan luas bukaan ventilasi yang ada saat ini, rata-rata kondisi termalnya melewati kategori standart kenyamanan termal yang dipersyaratkan SNI.

Dari simulasi dapat ditarik kesimpulan bahwa penghawaan alami untuk ruang-ruang pada gedung F FEB UB masih dapat dioptimalkan dengan menambah luas bukaan ventilasi yang ada dan penambahan bukaan pada ruang sirkulasi udara dalam gedung. Sisi barat pada pagi hari antara jam 7 s/d 10 belum banyak terkena terik sinar matahari, dan masih berpeluang untuk memberikan udara segar masuk ke dalam ruangan

Daftar Pustaka

- Beckett, HE, 1974, Godfrey, JA.
 Dep. Pekerjaan Umum 2001. Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. SNI 03-6572-2001
 Autodesk, Inc. (2008). Ecotect: An Overview. 28 Desember 2014
<http://ecotect.com/product/ecotect>
Sustainability Victoria, Resource Smart Business : Natural Ventilation System. (n.d.)
<http://www.scribd.com/doc/21612235/Natural-Ventilatioon-System> (diakses 10 Desember 2014)
 Wikipedia Indonesia. Pemanasan Global.
http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global (diakses tanggal 20 Januari 2015)